

С.Н. ИЕВЛЕВА, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Рассмотрены некоторые из алгоритмических методов повышения надежности функционирования ГТС, а именно: методы оценивания и мониторинга технического состояния технологического оборудования газотранспортной системы; методы прогнозирования изменения оценок параметров, определяющих техническое состояние технологического оборудования; методы обнаружения нарушений изоляционных покрытий подземных трубопроводов.

Ключевые слова: надежность ГТС, алгоритмические методы, мониторинг, технологическое оборудование, техническое состояние.

Введение. Основным назначением газотранспортной системы (ГТС) любой страны является надежное, безопасное, бесперебойное и экономически эффективное обеспечение всех категорий потребителей природным газом. Учитывая, что Украина находится между основными газодобывающими регионами и основными потребителями природного газа в Европе, соединяя, тем самым, магистральные газопроводы всех соседних стран, то вопрос развития ГТС Украины становится очень актуальным. По данным Национальной акционерной компании «Нефтегаз Украины» в период с 1991 года по 2009 год объем транзита природного газа в страны СНГ и Европы возрос с 113,9 млрд. м. куб. до 120,083 млрд. м. куб, делая тем самым Украину одним из крупнейших транзитеров природного газа в мире. Однако 60% ГТС Украины требует срочной реконструкции и модернизации, которая бы предусматривала замену морально устаревшего и физически изношенного технологического оборудования, диагностику и восстановление линейной части газопроводов и строительство новых магистралей. В связи с этим правительством Украины разработана и одобрена Энергетическая стратегия Украины до 2030 года (Стратегия), которая определяет цели и основные направления развития газовой промышленности в среднесрочной и долгосрочной перспективе, в которой выделяются следующие основные аспекты развития:

- повышение надежности, безопасности, стабильности и экономической эффективности обеспечения транзитных поставок природного газа, а также поставок газа внутренним потребителям Украины всех категорий;
- увеличение объемов собственной добычи газа и уменьшение зависимости от внешних поставок энергоресурсов;
- эффективное использование геополитического потенциала Украины, как одного из крупнейших государств – транзитеров углеводородного сырья;
- интеграция украинской ГТС в европейскую сеть.

© С.Н. Иевлева, 2012

Для достижения поставленных целей необходимо совместное применение структурных, параметрических и алгоритмических методов повышения надежности работы ГТС Украины. Основное внимание в данной статье уделено алгоритмическим методам, которые условно можно разделить на следующие классы:

- методы оценивания и мониторинга технического состояния технологического оборудования ГТС;
- методы прогнозирования изменения оценок параметров, определяющих техническое состояние технологического оборудования;
- методы поддержки принятия решений о выводе технологического оборудования из эксплуатации и перевода его в ремонт на основании результатов анализа оценок его технического состояния;
- методы оптимизации плановых режимов работы ГТС с учетом технического состояния технологического оборудования [1];
- методы обнаружения утечек и несанкционированных отборов природного газа, обнаружения предаварийных и аварийных ситуаций в ГТС (на линейных участках, компрессорных станциях, газораспределительных станциях (проч.) [2];
- методы локализации аварий и предотвращения их каскадного развития;
- методы оптимального управления в аварийных ситуациях (восстановление газоснабжения потребителей ГТС в случае его нарушения; восстановление пропускной способности ГТС, включая изменение режимов работы подземных хранилищ газа).

Рассмотрим более подробно некоторые из перечисленных методов.

Методы оценивания и мониторинга технического состояния технологического оборудования газотранспортной системы. Техническая диагностика – отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства определения технического состояния объектов. Основное назначение технической диагностики состоит в повышении надежности объектов на этапе их эксплуатации. Методами технической диагностики можно выявить возникновение дефекта и прогнозировать его развитие, что позволяет не только сократить количество отказов, но и устранять имеющиеся дефекты во время плановых обслуживаний и ремонтов, сократить объемы и сроки ремонтных работ за счет правильного планирования и организации.

Отметим, что задачи диагностики обращены не на предотвращение гипотетической аварии, даже аварии с тяжелыми последствиями, а на организацию эксплуатации и ремонта таким образом, чтобы не допустить развития дефектов до опасных пределов, в том числе и дефектов, могущих привести к отказам и авариям с тяжелыми последствиями.

Основным управляемым элементом в комплексе технологических объектов магистрального газопровода является компрессорный цех как часть ком-

прессорной станции, выполняющий основные технологические функции (очистку газа – пылеуловители, компримирование – газоперекачивающие агрегаты (ГПА), а охлаждение газа – аппараты воздушного охлаждения).

В эксплуатационных условиях применяют следующие виды диагностики: параметрическую, вибрационную и *трибодиагностику* [3].

Если оценить вклад каждого из методов в изучение текущего состояния ГПА, то большая часть дефектов и неисправностей может быть установлена методами вибродиагностики, пригодными для обнаружения дефектов практически всех элементов агрегата. Около 30% всех неисправностей ГПА обнаруживается анализом термогазодинамических параметров (параметрическая диагностика) и около 20% неисправностей регистрируются по результатам трибодиагностики. Причем достоверность диагноза, полученного путем вибродиагностики, может быть подтверждена (или опровергнута) только использованием параметрической диагностики.

Параметрическая диагностика основана на том факте, что определенные неисправности ГПА приводят к изменению его функциональных параметров. Например, неисправности проточных частей при снижении коэффициента полезного действия проявляются также падением давления за компрессором, повышением температуры перед турбиной, снижением частоты вращения ротора высокого давления, снижением расхода воздуха через компрессор и т.д. Логическая модель ГПА, позволяющая качественно выделить характерные неисправности, представлена на рис. 1 ([4]).

Результаты определения технического состояния ГПА рассмотрим на примере комплексного технического диагностирования ГПА, тип ГТК101 (наработка после капитального ремонта 667 часов).

При диагностировании были получены следующие результаты. Зависимость *политропного КПД* нагнетателя $\eta_{пол}(-)$ от приведенного объемного расхода нагнетателя Q_{np} (м³/мин) изображена на рис. 2.

Зависимости приведенного расхода топливного газа $Q_{нг\ np}$ (нм³/час), удельного приведенного расхода топливного газа $q_{нг\ np}$ (нм³/кВт·час), степени сжатия в осевом компрессоре π_k (-) как функции от приведенной эффективной мощности $N_{e\ np}$ (кВт) приведены на рис. 3.

После диагностирования был сделан вывод об удовлетворительном состоянии данного ГПА.

Основным элементом в системе трубопроводов, являются непосредственно трубы. Для обнаружения дефектов труб используется метод обнаружения дефектов потери металла путем внутритрубного обследования (интеллектуальный поршень). Положение дефекта указывается по расстоянию до точки S (по распечатке) и положению этой точки по циферблату (см. рис. 4).

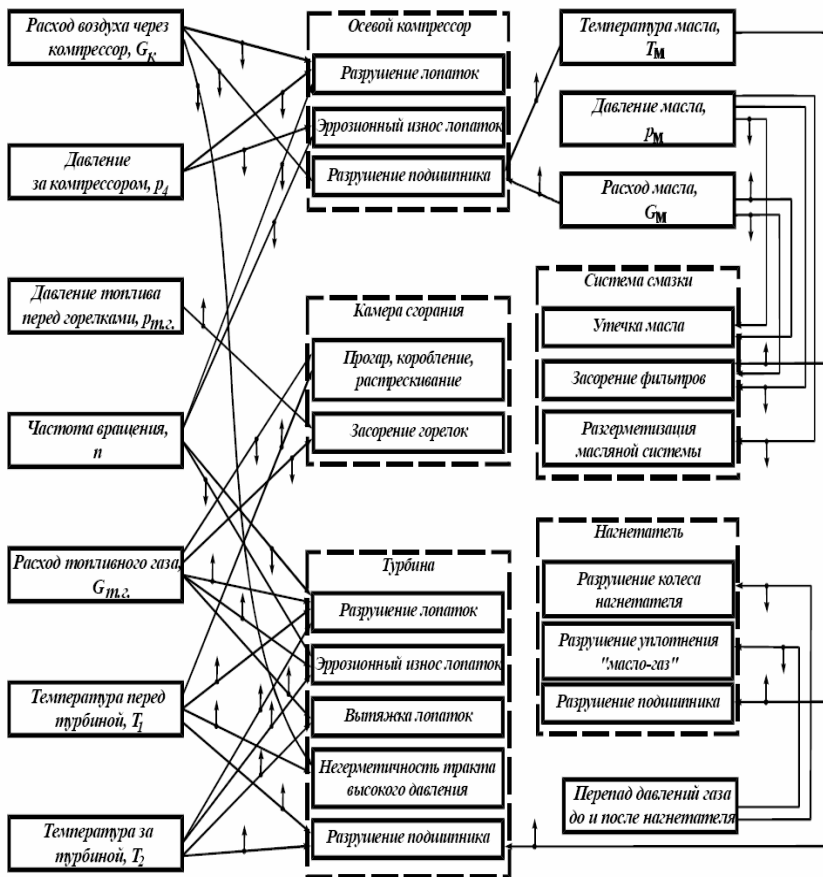


Рис. 1 – Логическая модель связей функциональных параметров с характерными неисправностями ГПА.

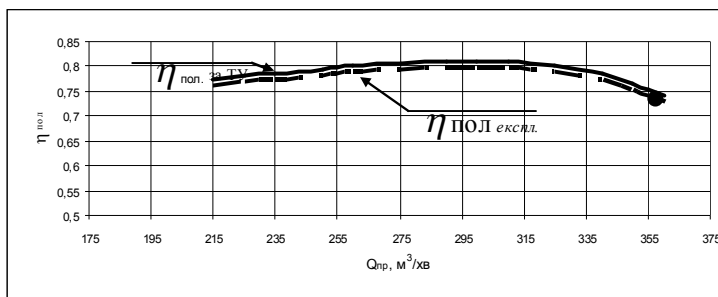


Рис. 2 – Зависимость $\eta_{пол}$ от $Q_{пр}$.

Длина дефекта потери металла определяется при помощи проецирования этой длины на продольную ось трубы. Ширина дефекта – путем проецирования ее размера на окружность трубы. Глубина дефекта – по максимальной потере толщины стенки (dP). Результатами обработки экспериментальных данных являются:

$S - Log$ – расстояние по распечатке, м;

$S - Pos$ – положение по циферблату, час;

L, w – длина и ширина дефекта, мм;

dP – нижняя точка дефекта потери металла;

Для дефектов потери металла, вызванного коррозией, согласно ERF – определение дефекта и интерактивные правила (ANSI/ASME), применяются следующие формулы:

если $G \leq 4.0$ –

$$DFP = P_{des} \times 1.1 \left(\frac{1 - 0.67 \times C / t_n}{1 - 0.67 \times (C / t_n) / \sqrt{G^2 + 1}} \right),$$

если $G > 4.0$ –

$$DFP = P_{des} \times 1.1 \left(1 - \frac{C}{t_n} \right), \quad ERF = \frac{MAOP}{DFP},$$

где DFP – предельное давление в месте дефекта, МПа; P_{des} – проектное давление, МПа (запас прочности 0.72); $MAOP$ – максимально допустимое рабочее давление; C – макс. – глубина пораженного участка, мм; t_n – исходная толщина стенки, мм;

$$G = 0.893 \times L / \sqrt{D t_n};$$

D – номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Еще одним немаловажным фактором, влияющим на техническое состояние технологического оборудования, является напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов ГТС. Сила и напряжение, которые определяют изменение НДС, как правило, являются неизвестными по абсолютной величине и месту воздействия на исследуемый объект. Кроме того, часто является неизвестной сама физическая природа этих сил. Одной из основных характеристик исследуемых элементов является их реальная пространственная конфигурация, которая изменяется во времени.

На данный момент для изучения НДС перспективным является использование математических методов оценки НДС [5]. Фактически возникает следующая задача – по измеренным перемещениям на определенном множестве точек исследуемого объекта необходимо оценить его НДС или изменение НДС и на основе полученных результатов принять решение о возможности дальнейшего безопасного использования рассматриваемого объекта.

Рассмотренные методы – это только некоторая часть известных и используемых на практике методов оценивания и мониторинга технического состояния технологических объектов ГТС, позволяющих не только повышать показатели надежности объектов на этапе их эксплуатации, но и накапливать информацию, позволяющую применять стохастические методы прогнозирования изменения оценок параметров, определяющих техническое состояние технологического оборудования.

Методы прогнозирования изменения оценок параметров, определяющих техническое состояние технологического оборудования. При прогнозировании изменения этих оценок параметров, определяющих техническое состояние технологического оборудования, одним из важнейших требований, предъявляемых к моделям, является минимизация затрат на моделирование при сохранении адекватности модели. Поэтому моделирование, как правило, связано с оптимальным упрощением образа оригинала, поэтому синтез и анализ стохастических моделей работы технологического оборудования удобно производить в классе *полиномиальных математических моделей* вида (1), который для произвольного случая имеет r входов, m выходов:

$$F(L) \times Y'(k) = (B(L)/A(L)) \times \Theta \times X'(k) + (C'(L)/D'(L)) \times W(k)$$

или

$$Y(k) = G(L) \times X(k) + C_2(L)W(k), \quad (1)$$

где L – оператор сдвига по времени на одну единицу назад, такой что

$$L^i X(k) = X(k-i); \quad G(L) = (B(L)/(F(L) \times A(L))) \times \Theta$$

– модель передаточной функции; $C_2(L) \times W(k)$ – аддитивная модель шумов в виде скользящего среднего, $C_2(L) = C'(L)/(F(L) \cdot D'(L))$;

$$Y'(k) = C_{s_1^1, s_2^1, \dots, s_m^1}^{d_1^1, d_2^1, \dots, d_m^1} C_{s_1^2, s_2^2, \dots, s_m^2}^{d_1^2, d_2^2, \dots, d_m^2} \dots C_{s_1^{ny}, s_2^{ny}, \dots, s_m^{ny}}^{d_1^{ny}, d_2^{ny}, \dots, d_m^{ny}} \tilde{Y}(k),$$

$Y'(k)$ – приведенный к стационарному виду многомерный временной ряд выходов системы; $\tilde{Y}(k)$ – центрированный многомерный временной ряд выходов системы; ny – количество периодов временного ряда выходов системы;

$$X'(k) = C_{s_1^1, s_2^1, \dots, s_m^1}^{d_1^1, d_2^1, \dots, d_m^1} C_{s_1^2, s_2^2, \dots, s_m^2}^{d_1^2, d_2^2, \dots, d_m^2} \dots C_{s_1^{nx}, s_2^{nx}, \dots, s_m^{nx}}^{d_1^{nx}, d_2^{nx}, \dots, d_m^{nx}} \tilde{X}(k),$$

$X'(k)$ – приведенный к стационарному виду многомерный временной ряд входов системы, умноженный слева на Θ ; $\tilde{X}(k)$ – многомерный временной ряд входов системы с вычтенным математическим ожиданием, nx – количество периодов временного ряда входов системы;

$$\tilde{N}_{s_1^k, s_2^k, \dots, s_m^k}^{d_1^k, d_2^k, \dots, d_m^k} = I \times \begin{bmatrix} \tilde{N}_{s_1^k}^{d_1^k} & \tilde{N}_{s_2^k}^{d_2^k} & L & \tilde{N}_{s_m^k}^{d_m^k} \end{bmatrix}^T,$$

$\tilde{N}_{s_i^k}^{d_i^k} = \left(1 - L^{s_i^k}\right)^{d_i^k}$ – оператор взятия s_i^k -ых разностей порядка d_i^k ,

$\tilde{N}_{s_1^k, s_2^k, \dots, s_m^k}^{d_1^k, d_2^k, \dots, d_m^k}$ – оператор взятия разностей соответствующих порядков многомерного временного ряда;

$$C'(L) = C_{q_1}^1(L^{s_1}) \times C_{q_2}^2(L^{s_2}) \times \dots \times C_{q_n}^n(L^{s_n}) = \prod_{i=1}^n C_{q_i}^i(L^{s_i}),$$

$C'(L)$ – обобщенный оператор скользящего среднего;

$$D'(L) = D_{p_1}^1(L^{s_1}) \times D_{p_2}^2(L^{s_2}) \times \dots \times D_{p_n}^n(L^{s_n}) = \prod_{i=1}^n D_{p_i}^i(L^{s_i}),$$

$D'(L)$ – обобщенный оператор авторегрессии; $A(L)$, $B(L)$ – матричные полиномы

$$A(L) = I + \sum_{j=1}^{n_a} A_j L^j, \quad B(L) = \sum_{j=0}^{n_b} B_j L^j,$$

степеней n_a и n_b , соответственно;

$$C_{q_k}^k(L^{s_k}) = I + \sum_{j=1}^{q_k} C_j^k L^{j \times s_k}$$

– матричный полином от L^{s_k} степени q_k , определяющий составляющую скользящего среднего периодической компоненты с периодом s_k ;

$$D_{p_k}^k(L^{s_k}) = I + \sum_{j=1}^{p_k} D_j^k L^{j \times s_k}$$

– матричный полином от L^{s_k} степени p_k , определяющий составляющую авторегрессии периодической компоненты с периодом s_k ; $A(L)$, $B(L)$, $C(L)$, $D(L)$, $F(L)$ – матричные полиномы

$$A(L) = I + \sum_{j=1}^{n_a} A_j L^j, \quad B(L) = \sum_{j=0}^{n_b} B_j L^j, \quad C(L) = I + \sum_{j=1}^{n_c} C_j L^j,$$

$$D(L) = I + \sum_{j=1}^{n_d} D_j L^j, \quad F(L) = I + \sum_{j=1}^{n_f} F_j L^j$$

степеней n_a , n_b , n_c , n_d и n_f , соответственно; Θ – матрица задержек j -го

входа системы относительно i -го выхода, которая имеет вид

$$Q = \begin{bmatrix} L^{c_{11}} & L^{c_{12}} & M & L^{c_{1r}} \\ L^{c_{21}} & L^{c_{22}} & M & L^{c_{2r}} \\ L & L & O & L \\ L^{c_{m1}} & L^{c_{m2}} & M & L^{c_{mr}} \end{bmatrix};$$

c_{ij} – величина задержки j -го входа относительно i -го выхода;

$$X(k) = [x_1(k) \ x_2(k) \ \dots \ x_r(k)]^T, \ Y(k) = [y_1(k) \ y_2(k) \ \dots \ y_m(k)]^T,$$

$$W(k) = [w_1(k) \ w_2(k) \ \dots \ w_m(k)]^T$$

– векторы входов, выходов и шумов соответственно для k -го шага [6].

Проблема обнаружения внезапного изменения дисперсии одномерных временных рядов хорошо изучена, однако многомерный случай более сложный, поскольку надо рассматривать разладки как в дисперсии отдельных временных рядов, так и в их ковариационной структуре.

Далее рассматриваются два подхода обнаружения разладок в дисперсиях и ковариационной структуре векторных временных рядов шумов W . Предположим, что мы идентифицировали некоторую математическую модель технологического оборудования и из разностных уравнений получили векторы шумов $W(k)$. Пусть необходимо проверить гипотезу о нормальном распределении данных векторов и об их *гомоскедастичности* против альтернативной гипотезы о том, что они являются *гетероскедастичными* из-за изменения *ковариационной матрицы* в известной точке $k=h$. Наиболее часто используемым методом проверки отсутствия разладок ковариационной матрицы двух *гауссовых процессов* является *статистика отношения правдоподобия*, которая для проверки разладки ковариационной структуры многомерного процесса в момент $l=h+1$ определяется как

$$LR_h = n \times \log \frac{|S|}{|S_1|^v \times |S_2|^{l-v}}, \quad (2)$$

где

$$v = \frac{h}{N}, \ S = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N W(k) \times [W(k)]^T, \ S_1 = \frac{1}{h} \sum_{k=1}^h W(k) \times [W(k)]^T, \\ S_2 = \frac{1}{N-h} \sum_{k=h+1}^N W(k) \times [W(k)]^T.$$

Эта статистика позволяет проверить нуль-гипотезу о неизменности ковариационной структуры для фиксированного времени h и асимптотически стремится к распределению χ^2 с $k \times (k+1)/2$ степенями свободы.

Альтернативной статистикой является *статистика кумулятивных сумм*, которая определяется следующим способом:

$$C_h = \frac{h}{\sqrt{2kN}} \left(\frac{A_h}{h} - \frac{A_N}{N} \right), \quad (3)$$

где $A_h = \sum_{k=1}^h [W(k)]^T \times \Sigma^{-1} \times W(k)$ – многомерная кумулятивная сумма квадратов последовательности $\{W(1), \dots, W(h)\}$.

Таким образом, можно проверить присутствие разладки в ковариационной структуре в момент времени $l = h + 1$ в шумах, получив значение статистики C_h и сравнив ее с процентилими распределения *броуновского моста* в момент времени $v = h / N$, которое является нормально распределенным с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $v \times (1 - v)$.

Для проверки наличия разладок в дисперсиях шумов $W(k)$ в момент времени $l = h + 1$ статистика отношения правдоподобия принимает вид [6]:

$$LR_h = N \times \log \frac{s^2(1) \times \dots \times s^2(k)}{\left[s_1^2(1) \times \dots \times s_1^2(k) \right]^v \times \left[s_2^2(1) \times \dots \times s_2^2(k) \right]^{1-v}}, \quad (4)$$

где дисперсии

$$s^2(i) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [W_i(k)]^2, \quad s_1^2(i) = \frac{1}{h} \sum_{k=1}^h [W_i(k)]^2, \quad s_2^2(i) = \frac{1}{N-h} \sum_{k=h+1}^N [W_i(k)]^2, \\ i = \overline{1, k}, \quad v = h / N.$$

Эта статистика позволяет проверить нуль-гипотезу об отсутствии разладок в дисперсиях для фиксированного времени h и асимптотическое стремление к распределению χ^2 с k степенями свободы.

Статистика кумулятивных сумм для проверки отсутствия разладок в дисперсиях шумов $W(k)$ в момент времени $(l = h + 1)$ принимает вид:

$$C_h = \frac{h}{\sqrt{2 \times \text{tr}(\Lambda^2) \times N}} \left(\frac{A_h}{h} - \frac{A_N}{N} \right), \quad (5)$$

где A_h – многомерная кумулятивная сумма квадратов последовательности $\{c(1), \dots, c(h)\}$ для фиксированного h , $1 \leq h \leq N$, $c(k) = U_\Sigma \times b(k)$, U_Σ – матрица из собственных векторов ковариационной матрицы $R_\Sigma = \text{cov}[b(k)]$ главных компонент $b(k)$ шумов $W(k)$, то есть $b(k) = D_\Sigma^{-1} W(k)$, D_Σ – диагональная матрица, элементами которой являются среднеквадратичные от-

клонения шумов $W(k)$.

Таким образом, для того, чтобы проверить наличие разладок в дисперсиях шумов $W(k)$ в момент времени $(l = h + 1)$, получаем значение статистики C_h и сравниваем ее с процентилями распределения $N(0, \nu \times (1 - \nu))$, то есть *распределением броуновского моста* в момент времени $\nu = h / N$.

Методы обнаружения нарушений изоляционных покрытий подземных трубопроводов. Период эксплуатации подземных газопроводов главным образом зависит от эффективной работы средств электрохимической защиты, коррозионной стойкости основного металла и сварочного соединения труб, а также характера разрушения поверхности металла в местах с нарушенным изоляционным покрытием.

Важнейшим вопросом в обеспечении бесперебойной работы трубопроводных систем является своевременное выявление нарушений повреждений изоляционных покрытий трубопроводов. Одним из методов таких исследований является метод обнаружения нарушений изоляционного покрытия подземных трубопроводов по данным измерений потенциала «труба-земля» станций катодной защиты.

Для системы электрохимической защиты трубопровода, состоящей из n станций, значение общего потенциала «труба-земля» $U_{T-3}(x_j)$ в j -ой точке дискретизации будет определяться следующими соотношениями [7]:

$$U_{T-3}(x_j) = \sum_{i=1}^n \phi_{Ti}(x_j) - \sum_{i=1}^n \phi_{2i}(x_j),$$
$$\phi_{2i}(x_j) = \frac{I_i \times \rho_{gr}}{2 \times \pi \times La^k} \times \ln \left[\frac{(x_j - Xa_i) + \sqrt{(x_j - Xa_i)^2 + Ya_i^2}}{(x_j - (Xa_i + La_i)) + \sqrt{(x_j - (Xa_i + La_i))^2 + Ya_i^2}} \right],$$
$$\phi_{Ti}(x_{j-1}) = \phi_o(x_{j-1}) - I_{ym_{j-1}} \times R_{np} \times (x_{j-1} - x_{j+2}),$$

где Xa_i , Ya_i , La_i – параметры расположения анодного заземления i -й станции; ρ_{gr} – среднее значение удельного электрического сопротивления грунта на участке $[x_i^{CK3}, x_j]$ [Ом · м]; R_{np} – продольное сопротивление трубопровода [Ом/м]; I_i – ток i -й станции, $I_{ym_{j-1}}$ – ток утечки через участок трубопровода $[x_{j-1}, x_j]$.

Выводы. В статье рассмотрены некоторые из алгоритмических методов повышения надежности функционирования ГТС. Учитывая сроки эксплуатации газопроводов и их техническое состояние, в настоящее время необходима

модернизация и техническое переоснащение всей системы с использованием наиболее современных технологий. Также необходима разработка информационно-аналитической системы оперативно-диспетчерского управления, предназначенной для практической реализации новых информационных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий транспорта и распределения природного газа. Таким образом, только комплексное использование трех основных способов – структурного, параметрического и алгоритмического – дает возможность повысить надежность поставок природного газа потребителям.

Список литературы: 1. Экономическая безопасность государства и интеграционные формы ее обеспечения / [Тевяшев А. Д., Набатова С. Н. и др.], под ред. Г. К. Вороновского, И. В. Недина – К.: Знання України, 2007. – 392 с. 2. Тевяшев А. Д. Интеллектуальная система обнаружения утечек и несанкционированных отборов из конденсатопровода / А.Д.Тевяшев, К.В. Кобылинский, А.В. Котелевцев // Проблеми нафтогазової промисловості. – 2007. – № 5 – С. 392–398. 3. Микаэлян Э.А. Техническое обслуживание энерготехнологического оборудования, газотурбинных газоперекачивающих агрегатов системы сбора и транспорта газа / Э.А. Микаэлян. – М.: Наука, 2000. – 304 с. 4. Семенов А.С. Идентификация неисправностей газоперекачивающих агрегатов по функциональным признакам / А.С. Семенов, В.А. Иванов, С.В. Кузьмин, А.Р. Гимадулдинов // Сб. науч. тр. «Нефть и газ. Новые технологии в системах транспорта». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. – С. 69-74. 5. Олейник А.П. Математические модели процесса квазистационарного деформирования трубопроводных и промышленных систем при изменении их пространственной конфигурации / А.П. Олейник. – Ивано-Франковск : ИФНТУНГ, 2010. – 320 с. 6. Бокс Дженкинс. Анализ временных рядов / Бокс Дженкинс. – 1974. – 288 с. 7. Тевяшев А.Д. Стохастический подход к постановке и решению задачи оперативного планирования режима работы системы ЭХЗ трубопровода / А.Д. Тевяшев, В.Ф. Ткаченко, А.В. Попов, Л.В. Стрижак // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №15 – С. 94-98.

Поступила в редколлегию 25.10.2012

УДК 621.643:62-192

Алгоритмічні методи підвищення надійності роботи газотранспортної системи України / С. М. Ісєвська // Вісник НТУ «ХП». Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – № 54(960). – С. 74–85. – Бібліогр.: 7 назв.

Розглянуто деякі з алгоритмічних методів підвищення надійності функціонування ГТС, а саме: метод оцінювання і моніторингу технічного стану технологічного обладнання ГТС; методи прогнозування зміни оцінки параметрів, які визначають технічний стан технологічного обладнання; методи виявлення порушень ізоляційних покриттів підземних трубопроводів.

Ключові слова: надійність ГТС, алгоритмічні методи, моніторинг, технологічне обладнання, технічний стан.

Address some of the algorithmic methods to improve reliability of the CTA, namely estimation and monitoring of the technical state of technological equipment transportation system, methods of forecasting changes in estimates of the parameters that determine the technical condition of process equipment, and methods of detecting violations of insulating coatings for underground pipelines.

Key words: reliability CTA, algorithmic methods, monitoring, processing equipment, technical condition.